

说明

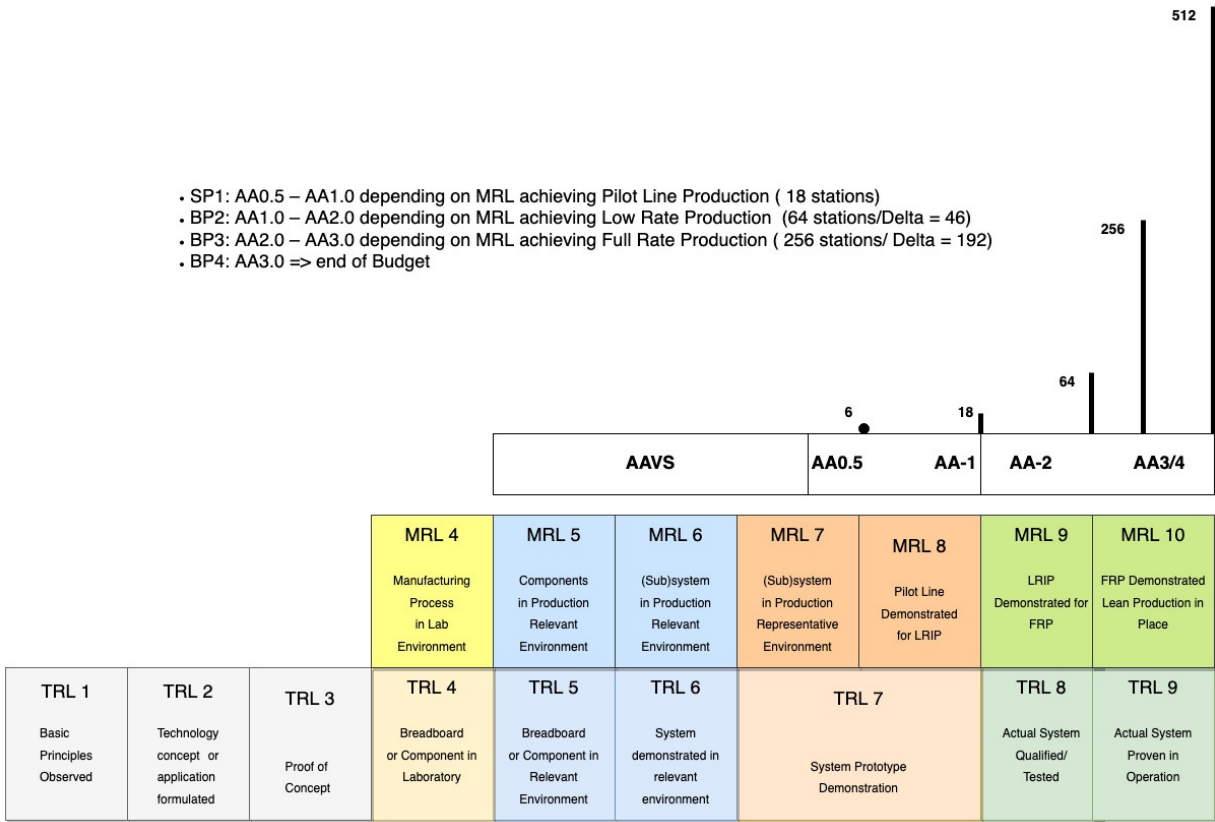
RCAL就是：real-time calibration pipeline (实时校准管线)

数据仿真部分

SKA1-LOW

仿真规格：

天线数量：AA-0.5 6个stations，这里的AA-0.5(Array Assembly 0.5)是从早期的EPA(Early Production Array)的概念演变而来的。可以直接把AA-0.5视为早期阵列。它的目标是：完成基础设施的早期部署、预生产设备的早期评估和工业化的准备并进行早期的调试和验证。SKA1-LOW更具体的工程计划如下图所示：



仿真步骤：

天线部分

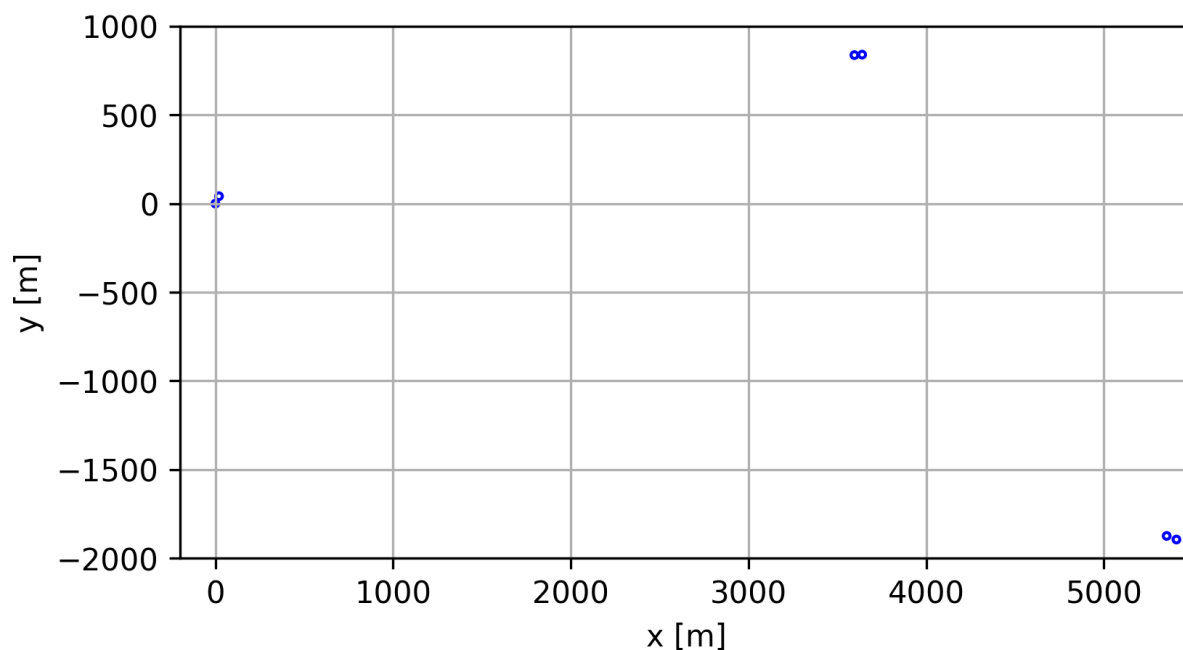
1. 首先：从github上copy两个代码文件到本地， 分别是：
<https://github.com/sunhaomin666/RCAL/blob/main/aa0.5-telescope-model.py>
https://github.com/sunhaomin666/RCAL/blob/main/generate_station_layouts.py
2. 运行aa0.5-telescope-model.py文件得到参与仿真的6个天线的WGS_84坐标文件(layout_wgs84.txt)。

3. 使用OSKAR将天线坐标从WGS_84转化为ENU坐标。命令如下：

```
oskar_convert_geodetic_to_ecef layout_wgs84.txt > layout_ecef.txt
```

```
oskar_convert_ecef_to_enu layout_ecef.txt 116.69345390 -26.86371635 0.0 >  
layout_enu.txt
```

4. 画出天线stations的位置如下：



天空模型部分(sky model)

sky model部分依然选取我们熟悉的Gleam数据来进行构建，在8度的主波束当中选取了20个最亮的源来构建了仿真数据。波束指向为：(RA, Dec) = (0, -27) 前期准备工作就绪，然后使用OSKAR来进行sky model的构建。

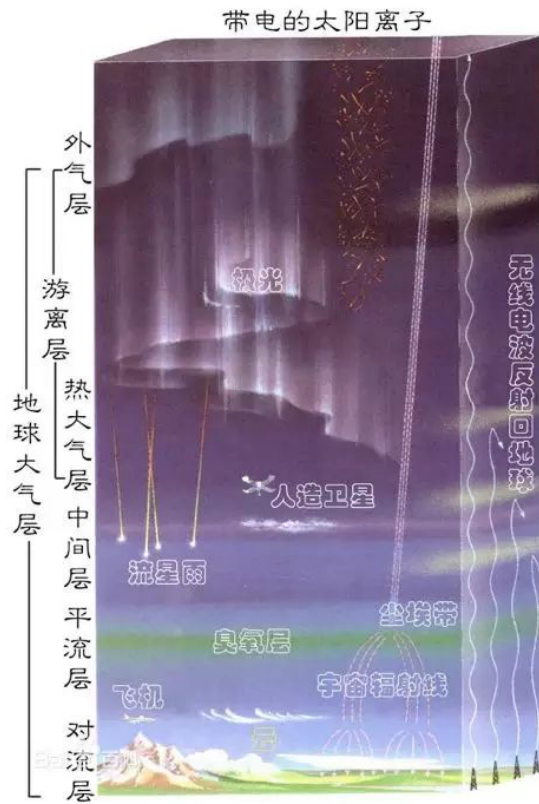
代码：https://github.com/sunhaomin666/RCAL/blob/main/Generate_skymodel.py

注意：代码中的GLEAM星表文件可以在RASCIL中的：**rascil/data/models**目录中找到。

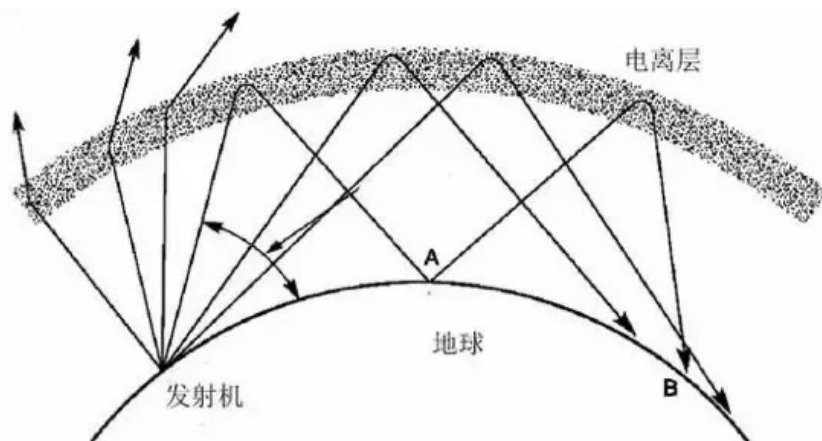
电离层部分(Ionospheric Screen)

电离层的效应也是我们需要加入到SKA1-LOW的模拟当中的，同样使用OSKAR来完成这件事。

这里先简单介绍一下电离层：我们头顶的大气层，由氧、氮等成分构成的，越往高处越稀薄，越往高处越冷，我们爬山的时候能体会到这种感觉。其实，随高度上升，大气的构成也不有所不同。下图给出了一些具体的名称：



由上图所示：风雨雷电发生在对流层，飞机飞在平流层（这里还有臭氧层），这些都是我们非常熟悉的。而从这之上，大概60公里左右往上到1000公里左右的庞大空间，包括名为中间层（中层）、热层、电离层的大气圈层，叫做中高层大气。中高层大气底部的中间层当中的高度越高温度越低，接着开始高度越高温度越高的热层，同时这个区域开始有大气分子被太阳辐射电离成电子和离子，就叫电离层，所以电离层和中间层/热层是高度相似但是分类原因不同造成的不同叫法。



电离层的存在对射电天文的观测有不可忽视的影响，首先是来自天体的信号在被望远镜接收之前会先受到电离层的影响而产生失真，其次是来自地球上的射电信号会在传播的过程当中被电离层反射后再次被我们接收到从而引起射频干扰(RFI)。

为了对比电离层的影响，分别在有电离层和没有电离层的情况下，对SKA-LOW的可见度数据集进行了模拟。使用ARatmospy（自动回归大气生成器）软件包模拟了电离层影响下数据相位随时间的变化。这些数据被写入FITS文件保存起来，然后使用OSKAR加载以模拟可见度数据。

仿真代码：https://github.com/sunhaomin666/RCAL/blob/main/creat_ionospheric_screen.py

Noticing: 在使用ARatmospy库的时候, 其中的pyfits包需要被替代成astropy中的fits包。即: 将原本的import pyfits 改为: from astropy.io import fits, 其余相应的变量也需要修改。

仿真命令:

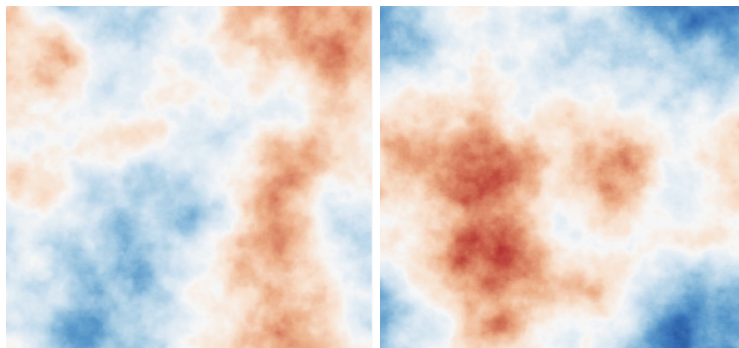
```
python creat_ionospheric_screen.py --num_times 240 --interval_sec 60  
screens_aa05.fits
```

程序跑完后会在当前目录产生名为: screens_aa05.fits 的电离层仿真数据。

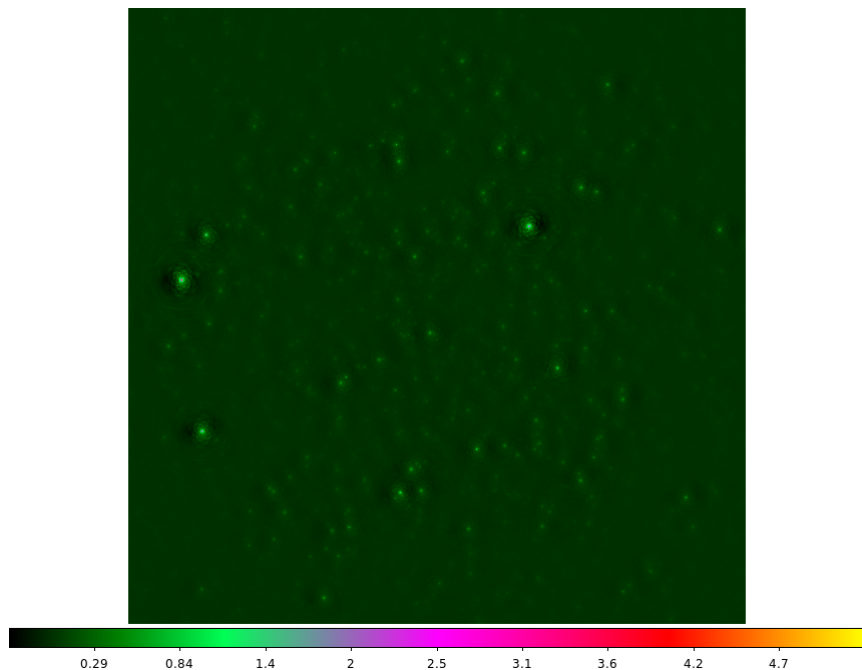
参与仿真的电离层的区域大小为: 200KM * 200KM。将整个区域模拟为以不同的速度向不同的方向移动的两层结构, 以减少模拟结构随时间的重复量: 一层在300公里高度以150公里/小时移动, 另一层在310公里高度以75公里/小时移动。分辨率为100米/pixel。这个高度下, 整个电离层覆盖了近40度的视野, 同时也包含了主波束以外的源。整个数据的值是 Δ_{TEC} , 经过下面的公示换算, 可以将 Δ_{TEC} 转化为与频率有关的相位偏移。

$$Phase_{rad} = \frac{TEC_{img}[pixel] \cdot (-8.44797245e9)}{Frequency_{Hz}}$$

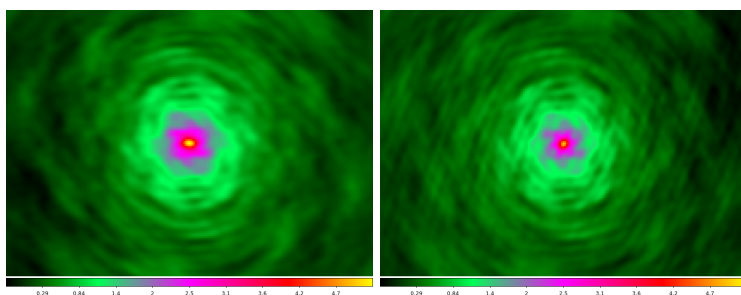
整个电离层的模拟在SKA-LOW波段的选定频率下运行, 频率为50、70、110、137、160、230和320MHz, 以及三个MWA 的EoR频段。模拟观测时间为4小时, 每60秒采样一次, 共计240个时间样本。这段时间内模拟生成的两个不同时刻的电离层如下:



通过用有电离层参与仿真和没有电离层参与仿真得到的图像相减, 获得残图来评估电离层效应对AA-0.5产生的影响如下: 通过残图可以发现电离层效应在50MHz处的EoR0 field 产生的痕迹。



在残图中取不同位置的两个源进行对比如下图，由于二者所处位置不同，因此周围不同的电离层效应导致了不同的点扩散函数。可以看到，在50MHz的频段下，左边的源的残图显得较为模糊(less sharp)。



奥斯卡参数设置

使用OSKAR软件来进行上述模拟过程的操作。

设置oskar_sim_interferometer模块参数

对望远镜基本参数**Observation Settings**进行设置并导入AA-0.5的天线配置文件：

▼ Observation settings	
Observation mode	Tracking
Phase centre RA [deg]	0.0
Phase centre Dec [deg]	-27.0
Station pointing file	
Start frequency [Hz]	1.125e+08
Number of frequency channels	200
Frequency increment [Hz]	375000.0
Start time (UTC)	2000-01-01 07:26:31.0
Observation length [sec, or hh:mm:ss]	04:00:00.0
Number of time steps	240
▼ Telescope model settings	
Input directory	 ../code/SKA1-LOW-AA0.5-v1.0.tm

通过**Sky model Setting**来导入上文中生成的sky model 文件(**sources_filtered.txt**)，通过指定**ionosphere_screen_type**来设置是否在simulation中加入电离层。

设置仿真参数 **Interferometry Settings**：

Interferometer settings	
Channel bandwidth [Hz]	375000.0
Time average [sec]	60.0
Max. time samples per block	8
Max. channels per block	auto
Correlation type	Both
UV range filter min	min
UV range filter max	max
UV range filter units	Wavelengths

设置成像模块(oskar_imager)参数

Application: Run

Current Dir: Change...

Search Filter:

Setting	Value
CUDA device IDs to use	all
Number of compute devices	auto
Specify cellsize	<input type="checkbox"/> false
Field of view [deg]	24.0
Cellsize [arcsec]	1.0
Image dimension [pixels]	512
Image type	I
Channel snapshots	<input type="checkbox"/> false
Minimum frequency [Hz]	0.0
Maximum frequency [Hz]	max
Minimum time (UTC)	0.0

导入仿真生成的可见度数据，来进行成像。

Input visibility data file(s)	<input type="text" value="aa-0.5_TEC.vis"/>
Scale normalisation with number of input files	<input type="checkbox"/> false
Measurement Set column	DATA
Output image root path	<input type="text" value="test_TEC"/>

在进行上述步骤的操作之后，我们可以得到370MHz下分别带有电离层效应和没有电离层效应的脏图，将二者相减的到residual map，对比如下：

